

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202392909 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.12.26(22) Дата подачи заявки  
2022.04.20(51) Int. Cl. C10G 3/00 (2006.01)  
C10G 50/00 (2006.01)  
C10G 45/64 (2006.01)  
C10G 67/16 (2006.01)  
C07C 2/00 (2006.01)

## (54) СПОСОБ И УСТАНОВКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА БЕНЗИНА И ОКТАНОВОГО ЧИСЛА

(31) 21169304.9

(32) 2021.04.20

(33) EP

(86) PCT/EP2022/060364

(87) WO 2022/223583 2022.10.27

(71) Заявитель:

ТОПСЕЭ А/С (DK)

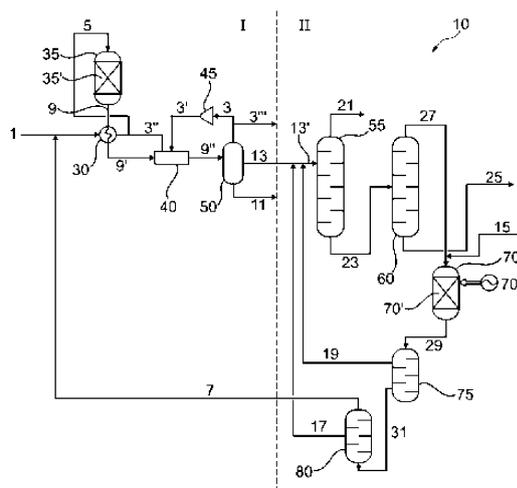
(72) Изобретатель:

Йонсен Финн, Кнудсен Арне,  
Йоргенсен Матиас, Хансен Джон  
Бёгильд (DK)

(74) Представитель:

Беляева Е.Н. (BY)

(57) Способ и установка для производства бензинового продукта из потока кислородосодержащего сырья, включающие следующие этапы: направление потока кислородосодержащего сырья в реактор преобразования кислородосодержащих соединений в бензин, предпочтительно реактор преобразования метанола в бензин (MTG), в присутствии неподвижного слоя катализатора, активного для преобразования кислородосодержащих соединений в поток кислородосодержащего сырья в поток неочищенного бензина, содержащий парафины C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> и углеводороды C<sub>5</sub><sup>+</sup>; отделение от потока неочищенного бензина потока бензинового продукта, содержащего углеводороды C<sub>5</sub><sup>+</sup>, и потока, содержащего парафины C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>; направление всего или части потока, содержащего парафины C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>, в реактор повышения качества в присутствии катализатора, активного для преобразования парафинов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> в ароматический поток, такой как ароматический поток, содержащий бензол, толуол и ксилол (БТК); и объединение всего или части ароматического потока с потоком кислородосодержащего сырья.



A1

202392909

202392909

A1

## **Способ и установка для повышения выхода бензина и октанового числа**

Настоящее изобретение относится к способу и установке для преобразования потока кислородсодержащего сырья, такого как электронный метанол, в бензиновый продукт, включающему применение реактора преобразования метанола в бензин (MTG), в котором соединения C3-C4, такие как, например, сжиженный нефтяной газ (СНГ), образованный при преобразовании кислородсодержащих веществ, отделяют и обогащают до ароматических соединений в реакторе повышения качества, тем самым повышая выход и октановое число бензинового продукта. Варианты осуществления настоящего изобретения включают отделение обогащенной бензолом фракции от ароматических соединений, которую затем смешивают с потоком кислородсодержащих веществ, подаваемым в реактор MTG. Варианты осуществления изобретения также включают повышение качества продукта, проводимое в реакторе с электрическим подогревом (электрический реактор) без отдельного добавления кислородсодержащих соединений в реактор повышения качества.

Известная технология синтеза бензина из кислородсодержащих веществ, таких как метанол, включает установки, содержащие секцию MTG (секцию преобразования метанола в бензин) и расположенную далее по ходу процесса секцию перегонки. Секция MTG также именуется контуром MTG и содержит: реактор MTG; сепаратор продукции для удаления кубовой воды, головного рециркуляционного потока, из которого, может быть получен дополнительный поток топливного газа, а также потока неочищенного бензина, содержащего соединения C2, парафины C3-C4 (СНГ) и углеводороды C5+ (компоненты кипения бензина); а также рециркуляционный компрессор для рециркуляции головного рециркуляционного потока путем объединения его с потоком кислородсодержащего сырья, например, потоком метанола. Головной рециркуляционный поток (или просто рециркуляционный поток) выступает в качестве разбавителя, тем самым снижая экзотермичность преобразования кислородсодержащих веществ. В секции перегонки соединения C2 удаляют в деэтанализаторе, например, в этаноотгонной колонне, после чего фракцию C3-C4

удаляют в виде СНГ в качестве головного потока в колонне разделения СНГ (разделитель сжиженного нефтяного газа), в то время как стабилизированный бензин отводят в виде кубового продукта. Стабилизированный бензин или более тяжелые компоненты стабилизированного бензина, такие как фракция С9-С11, при необходимости, могут быть дополнительно переработаны и, соответственно, очищены, например, путем проведения гидроизомеризации (ГДИ) и повышения качества бензинового продукта.

При синтезе бензина с использованием хорошо зарекомендовавшей себя и коммерчески доступной технологии MTG срок службы катализатора и октановые числа медленно, но неуклонно снижаются, поскольку снижается селективность по ароматическим соединениям. Стандартным решением для поддержания октанового числа будет проведение синтеза бензина в более жестких условиях. Это снижает выход бензина и долговечность катализатора.

Известно также, что СНГ преобразуют в ароматические соединения.

CN 104447157 раскрывает способ получения смеси ароматических углеводородов с высоким содержанием бензола, метилбензола и ксилола, из метанола через легкие олефины.

В документе CN 104496743 раскрыт способ получения смеси ароматических углеводородов с высоким содержанием бензола, толуола и ксилола (БТК) путем преобразования метанола в легкие олефины в реакторе с неподвижным слоем.

US 4709113 А раскрывает реактор MTG, в котором используют катализатор, который преобразует кислородсодержащие вещества в составе сырья в поток неочищенного бензина, отделяя от потока неочищенного бензина бензиновый продукт, содержащий углеводороды C5+, поток, содержащий парафины C3-C4 и поток углеводородов C2.

Заявка заявителя EP 2036970 A2 раскрывает способ получения углеводородных продуктов, включающий этапы смешивания потока кислородсодержащих веществ с рециркуляционным потоком с образованием исходного потока бензина, который взаимодействует с катализаторами синтеза бензина, в результате чего образуется отходящий поток с высшими углеводородами, кипящими в диапазоне бензина; и разделения части выходящего потока с образованием рециркуляционного потока, в котором, при необходимости,

дополнительно снижается содержание воды или происходит обогащение водородом, после чего он подвергается воздействию давлением и рециркулируется с переходом на этап смешивания.

Заявка заявителя WO 20018007484 раскрывает реактор MTG с цеолитным катализатором структурного типа MFI, таким как Zn-обменный или пропитанный H-ZSM-5. Катализатор может включать соединение фосфора.

US 20200231880 (WO 200150053 A1) раскрывает способ преобразования кислородсодержащего сырья в бензин, отделение потока легких парафинов, содержащего парафины C3-C4, и потока, содержащего углеводороды C5+, из отходящего преобразуемого потока; а также повторное преобразование, по меньшей мере, части потока легких парафинов вместе с кислородсодержащим подаваемым сырьем с образованием очищенного отходящего потока, содержащего ароматические соединения.

Задачей настоящего изобретения является предоставление способа и установки для получения бензинового продукта из кислородсодержащих веществ с последующей интеграцией реактора повышения качества для преобразования C3-C4 в ароматические соединения в секцию перегонки с расположенной ранее по ходу процесса секцией MTG, а также одновременное повышение выхода и октанового числа бензинового продукта.

Эта и другие задачи решаются настоящим изобретением.

Соответственно, в первом аспекте изобретение касается способа производства бензинового продукта из потока кислородсодержащего сырья, при этом указанный способ включает следующие этапы:

i) направление потока кислородсодержащего сырья в реактор преобразования кислородсодержащих веществ в бензин, предпочтительно реактор преобразования метанола в бензин (MTG), в присутствии неподвижного слоя катализатора, активного для преобразования кислородсодержащих веществ в потоке кислородсодержащего сырья в поток неочищенного бензина, содержащий парафины C3-C4 и углеводороды C5+;

ii) отделение от потока неочищенного бензина потока бензинового продукта, содержащего углеводороды C5+, и потока, содержащего парафины C3-C4;

iii) направление всего потока, содержащего парафины C3-C4, или его части, в реактор повышения качества в присутствии катализатора, активного для преобразования парафинов C3-C4 в ароматический поток, который содержит любой из бензола, толуола, ксилола или их комбинации, такой как ароматический поток, содержащий бензол, толуол и ксилол (БТК);

iv) объединение всего потока ароматических соединений или его части с потоком кислородсодержащего сырья, т.е. с потоком кислородсодержащего сырья с этапа i);

и причем этап iii) не включает совместное направление потока кислородсодержащих веществ в реактор повышения качества.

По тексту настоящей заявки термин «парафины C3-C4» также именуется «СНГ». Термин «СНГ» означает жидкий/сжиженный нефтяной газ, который представляет собой газовую смесь, в основном состоящую из пропана и бутана, т.е. C3-C4; при этом СНГ также может содержать i-C4 и незначительное количество олефинов.

При использовании в настоящем документе термин «интеграция» означает, что ряд операций установки, относящихся к автономному реактору повышения качества в секции перегонки, доступен уже в контуре MTG; и/или что условия способа, в частности давление, в реакторе повышения качества соответствуют условиям способа в контуре MTG; и/или происходит уменьшение габаритов оборудования и показателей энергопотребления в контуре MTG за счет адаптации реактора модернизации в секции ректификации. В более общем смысле термин «интеграция» означает обеспечение синергии контура MTG (секция MTG) и секции перегонки способа и установки.

По тексту настоящей заявки октановое число представляет собой октановое число по исследовательскому методу, RON, измеренное в соответствии с требованиями стандарта ASTM D-2699.

По тексту настоящей заявки термин «содержащий» может также включать значение «содержащий только», то есть «состоящий из».

По тексту настоящей заявки термин «соответственно» используют взаимозаменяемо с термином «при необходимости» и, таким образом, может обозначать конкретный вариант осуществления.

Технология MTG для получения бензина хорошо известна, например, раскрыта в US 4788369, US 4481305 или US 4520216. При производстве бензина по известной технологии MTG фракция СНГ обычно составляет 15 - 20 мас.% линейки бензиновых продуктов. СНГ обычно имеет низкую стоимость, а в способе MTG эта стоимость еще ниже, поскольку она весьма далека от технических характеристик, например, из-за присутствия олефинов в объеме до 10 мас.%. Бензиновый продукт (углеводороды C5+) представляет собой сложную смесь углеводородов, включающую, например, углеводороды C5-C10, при этом известно, что ароматические соединения способствуют увеличению октанового числа бензинового продукта.

В настоящем изобретении низкосортный СНГ используют для повышения выхода бензина и октанового числа. Фракцию СНГ неочищенного бензина перерабатывают в реакторе повышения качества, таким образом, почти полностью превращая фракцию сжиженного нефтяного газа в БТК (также образуются другие соединения, например, легкие парафины и олефины), тем самым обеспечивая возможность значительного повышения выхода бензинового продукта на 5 - 10 % и октанового числа на 1 - 3 числа, при этом соблюдаются требования в части содержания ароматических соединений в бензиновом продукте. Например, выход бензинового продукта увеличивается с 80 до 90%, и одновременно с этим октановое число увеличивается примерно с 93 до 94 или 95, что представляет собой значительное и важное изменение.

Настоящее изобретение также позволяет избежать необходимости прибегать к традиционному повышению качества СНГ-фракции в бензиновом продукте, полученном в результате применения технологии MTG, которая обычно предусматривает масштабные и дорогостоящие этапы, включающие гидрогенизацию и дистилляцию с тем, чтобы СНГ соответствовал стандартным требованиям для СНГ, что также повлечет за собой значительные издержки, связанные с обеспечением правильного соотношения C3/C4 в составе СНГ.

Кроме того, согласно изобретению, этап iii) не включает совместное направление потока кислородсодержащих веществ в реактор повышения качества. Было обнаружено, что при том, что добавление потока кислородсодержащих веществ в реактор повышения качества, т.е. совместная подача потока кислородсодержащих веществ, например, метанола, приведет к его

преобразованию в углеводороды; важно также, что образуется вода (пар). Это приводит к высокому риску воздействия паром на катализатор, в частности катализатор ZSM-5, используемый в реакторе повышения качества, который при высоких температурах, например, при 500 - 650°C, в процессе своей работы, необратимо дезактивирует катализатор. Целенаправленно избегая совместной подачи потока кислородсодержащих веществ, реактор повышения качества может работать в течение более длительного времени, поскольку указанной деактивации катализатора не происходит.

Следует понимать, что объединение потока ароматических соединений с потоком кислородсодержащего сырья, например, путем совместной подачи ароматических соединений в реактор MTG, является в высшей степени нелогичным, поскольку в данной области техники хорошо известно, что нежелательное образование кокса и предшественников кокса, а также метилирование и алкилирование происходят там, где ароматические соединения присутствуют вместе с кислородсодержащими соединениями, такими как метанол и/или диметилэфир (ДМЭ) и олефины. Считается, что это оказывает непосредственное влияние на сокращение продолжительности/времени каталитического цикла в реакторе MTG. Ароматические соединения, подаваемые в реактор MTG, также обнаруживаются в отходящих потоках реактора MTG, например, в виде метилированных ароматических соединений, которые становятся частью потока неочищенного бензина.

Продолжительность цикла использования/срок службы катализатора представляет собой период, в течение которого катализатор сохраняет надлежащую каталитическую активность. Ввиду того, что за счет образования кокса происходит дезактивация, количество активного катализатора, доступного для преобразования кислородсодержащего соединения в бензин, уменьшается. Важно избегать проскока непрореагировавших кислородсодержащих соединений, поскольку наличие кислородсодержащих соединений усложнит этап разделения при получении бензинового продукта. По истечении указанной продолжительности цикла катализатор необходимо регенерировать за счет сжигания кокса. Таким образом, короткая продолжительность цикла катализатора означает, что необходимо использовать дорогостоящий реактор, например, с непрерывной регенерацией катализатора, циркулирующего между реактором и

регенератором, или несколько реакторов параллельно с частой сменой режима работы (конверсия или регенерация кислородсодержащего вещества), для которых характерны сложные элементы управления.

В соответствии с настоящим изобретением объединение ароматического потока, содержащего ароматические соединения, такие как бензол, в реакторе MTG, например, за счет совместной подачи ароматических веществ, позволяет повысить октановое число неочищенного бензина и, соответственно, конечного бензинового продукта. Несмотря на то, что это может привести к снижению продолжительности цикла в реакторе MTG, данный недостаток нивелируется увеличением октанового числа, а также снижением температуры на входе в реактор MTG. Также было установлено, что объединение ароматических соединений в реакторе MTG согласно настоящему изобретению, например, за счет совместной подачи ароматических соединений имеет тот же эффект, что и совместная подача высших спиртов, а именно позволяет снизить температуру на входе в реактор MTG, тем самым обеспечивая как эксплуатационную гибкость, так и продлевая конечный срок службы катализатора в реакторе MTG. Это означает, что начало преобразования кислородсодержащего соединения, например, метанола, начинается при температуре, которая значительно ниже температуры, соответствующей работе исключительно с кислородсодержащим соединением, например, при отсутствии совместной подачи ароматических веществ. Кроме того, срок службы катализатора в реакторе MTG продлевается благодаря тому, что комбинированное сырье, которое подают в него (кислород и ароматические соединения), приобретает повышенную реакционную способность, тем самым обеспечивая большую свободу и, соответственно, гибкость в выборе идеального соотношения температур на входе и выходе в реакторе MTG.

Соответственно, ароматический поток, содержащий БТК, представляет собой поток с высоким содержанием БТК. Под потоком с высоким содержанием БТК понимают 80 мас.% или более БТК, например, 90, 95 мас.% или более БТК.

В одном из вариантов осуществления количество ароматических соединений во всем ароматическом потоке, содержащем БТК, по отношению к потоку кислородсодержащего сырья, например, поток подаваемого метанола, поступающий в реактор MTG, при этом до смешивания с рециркулирующим потоком в контуре MTG, составляет менее 4 мас.%, например, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3,

3,5 мас.% подаваемого метанола. Было установлено, что при содержании менее 4 мас.%, уменьшение продолжительности цикла менее выражено. Вышеуказанное количество ниже 4 мас.% добавляют к количеству ароматических соединений, изначально присутствующему в рециркуляционном потоке, которое обычно составляет 1 - 2 мас.% от потока подаваемого метанола в результате неполного разделения продуктов в сепараторе, например, в сепараторе в составе контура высокого давления MTG. Например, при возврате всего потока ароматических соединений, содержащего БТК, в реактор MTG, в подаваемом метаноле после смешивания с рециркулирующим потоком может содержаться около 5 мас.% ароматических соединений, что соответствует 3,5 масс. % БТК и 1,5 мас.% ароматических соединений, которые изначально присутствуют в рециркуляционном потоке.

В одном из вариантов осуществления на этапе iv, т.е. этапе объединения ароматического потока с кислородсодержащим сырьем, часть ароматического потока представляет собой поток с высоким содержанием бензола (поток с высоким содержанием В), который отделяют от потока ароматических соединений, содержащего БТК.

Под потоком с высоким содержанием В, понимают 50 или более мас.% бензола, например, 60, 80, 90, 95 мас.% или более бензола.

Это также облегчает соблюдение технических требований, предъявляемых к бензину, которые устанавливают предельные значения, как в части содержания ароматических соединений, так и в части содержания бензола.

Также было обнаружено, что бензол в сочетании с метанолом, поступающий в реактор MTG, например, бензол, который подают совместно с метанолом, в реакторе MTG в значительной степени метилируется метанолом. Таким образом, бензол, наличие которого в избыточных количествах в бензиновом продукте является нежелательным, преобразуют в реакторе MTG с образованием высших ароматических соединений, таких как толуол, ксилолы, три- и тетраметилбензолы. Соответственно, не происходит существенного изменения индекса метилирования, обозначающего, сколько в среднем метильных групп присоединено к ароматическим кольцам и который является определяющим фактором для того, сколько дурола (1,2,4,5-тетраметилбензола) – наличие которого нежелательно в неочищенном бензине и впоследствии в бензиновом продукте – будет во фракции

ароматических соединений при условии установления равновесия применительно к трансалкилированию и изомеризации.

В одном из вариантов осуществления количество потока с высоким содержанием бензола, по отношению к потоку кислородсодержащего сырья, например, метанола, поступающего в реактор MTG, еще до какого-либо смешивания с рециркулирующим потоком, составляет 0,5 - 1,5 мас.% метанола, например, 0,6 - 1,2 мас.% метанола. Например, поток с высоким содержанием бензола, предпочтительно составляет около 0,6 мас.% от подаваемого метанола. Опять же, указанное количество добавляют к тому количеству ароматических соединений, которое уже присутствует, например, в метаноле, зачастую около 1 - 2 мас.%, что является результатом неполного разделения до сепаратора продукции, например, сепаратора высокого давления в составе контура MTG.

Таким образом, ароматический поток, в данном случае, в частности, поток с высоким содержанием бензола, объединяют, например, путем совместной подачи в заранее определенных количествах таким образом, чтобы приблизиться, но не превысить характеристики ароматических веществ и бензола в бензиновом продукте, одновременно улучшая выход бензинового продукта и октановое число, и при этом снижая риск коксования и, следовательно, риск уменьшения продолжительности цикла в реакторе MTG.

В одном варианте катализатор в реакторе MTG представляет собой цеолитный катализатор структурного типа MFI, такой как ZSM-5, например, цеолит ZSM-5 в водородной форме (HZSM-5) или Zn-модифицированный ZSM-5, при необходимости, дополнительно включающий 1 - 5 мас.% фосфорного соединения, например, 3 мас.% P; при этом температура в реакторе MTG составляет 280 - 400°C, давление находится в диапазоне 15 - 25 бар абс.; и, при необходимости, WHSV составляет 1 - 6, например, 1 - 2, например, 1,5 или 1,6. Целесообразно также, чтобы цеолитный катализатор имел отношение SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (кремнезем к оксиду алюминия) от 50 до 300. Соответственно также реактор MTG по имеет расположенный по всей его длине неподвижный слой или множество последовательно расположенных неподвижных слоев, содержащих катализатор.

В настоящем документе под термином «структура MFI (метамоделей для функциональной совместимости)» понимается структура, присвоенная и поддерживаемая Комиссией по структурам Международной цеолитной

ассоциации в Атласе Типов Цеолитных Структур, представленная по адресу <http://www.iza-structure.org/databases/> или, например, согласно определению в «Атласе Типов Цеолитных Структур» под авторством Ch. Baerlocher, L.V. McCusker and D.H. Olson (Ч. Баерлохер, Л. В. Маккаскер и Д. Х. Олсон), издание шестое переработанное, 2007 г.

Было обнаружено, что при использовании фосфорного соединения, т.е. цеолитного катализатора, допированного Р, такого как цеолитный катализатор, содержащий 1 - 3 мас.% Р и имеющий низкую кислотность, как, например, соотношение Si/Al 280, цеолитный катализатор более устойчив к добавляемым ароматическим веществам. Следовательно, в относительном выражении (по сравнению с использованием лишь метанола) уровень дурола существенно не меняется. Более того, за счет обеспечения эксплуатации реактора MTG в адиабатическом режиме, а также снижения объемной скорости (WHSV) до 1 - 2, например, 1,5 или 1,6, что соответствует промышленным условиям, можно приблизить работу реактора к равновесию и, соответственно, снизить содержание дурола.

В одном варианте осуществления поток кислородсодержащих соединений представляет собой метанол и/или диметиловый эфир (ДМЭ). В другом варианте осуществления поток кислородсодержащего сырья представляет собой е-метанол (электрифицированный метанол), т.е. метанол, который получают из синтез-газа с использованием (подачей) электроэнергии из возобновляемых источников, таких как гидроэнергетика, ветровая или солнечная энергия, например, например, eMethanol™. Соответственно, согласно указанному варианту осуществления синтез-газ может быть получен путем объединения сепарации воздуха, автотермического риформинга или частичного окисления и электролиза воды, как указано в заявке WO 2019/020513 A1, или из синтез-газа, полученного за счет риформинга с электронагревом, как в случае, предусмотренном заявкой WO 2019/228797. Таким образом, обеспечивается еще более экологичный подход к производству сырого бензина, в частности бензинового продукта. Несмотря на то, что метанол можно получать из ряда первичных ресурсов (включая биомассу и отходы), в периоды низких затрат на ветровую и солнечную электроэнергию производство eMethanol™ представляет собой устойчивое первичное решение. Синтез-газ, который, как известно специалистам в данной области техники,

представляет собой смесь, содержащую преимущественно водород и монооксид углерода, для синтеза метанола также может быть получен путем комбинирования использования водного (парового) электролиза в щелочной или PEM-электролизной установке или твердооксидном электролизном элементе, позволяющем получать таким образом водород, и за счет применения твердооксидного электролизера для получения, соответственно, монооксида углерода из потока с высоким содержанием CO<sub>2</sub>.

В одном из вариантов осуществления на этапе iii), т.е. в реакторе повышения качества, способ дополнительно включает добавление одного или более соединений серы к потоку, содержащему парафины C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>, а содержание одного или более соединений серы, таких как H<sub>2</sub>S, составляет 10 - 1000, например, 10 - 100 об.ч./млн.

За счет этого значительно сокращаются потери из-за преобразования сжиженного нефтяного газа в метан и этан, а также подавляются высшие (C<sub>9</sub>+) ароматические соединения. Кроме того, учитывая, что СНГ может содержать незначительные количества олефинов, например, до 10 мас.% C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>-олефинов, при высоких рабочих температурах реактора повышения качества, например, 500 - 600°C, также снижается риск коррозии его металлических частей, в частности металлического пыления. Кроме того, фракцию СНГ таким образом эффективно преобразуют в продукт БТК с минимальным образованием высших ароматических соединений (C<sub>9</sub>+) и с сильно сниженной селективностью по метану в присутствии небольших количеств серы, как, например, около 50 ч./млн., например, H<sub>2</sub>S.

В одном варианте осуществления на этапе ii) сепарацию потока неочищенного бензина на поток продуктов бензина, содержащий углеводороды C<sub>5</sub>+, и поток, содержащий парафины C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>, выполняют в разделителе для СНГ, т.е. в ректификационной колонне, как, например, дистилляционная колонна. Парафины C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>, например, СНГ отводится в качестве головного потока, в то время как поток бензинового продукта отводится в качестве кубового потока. Разделитель СНГ также именуется стабилизатором, а поток бензинового продукта - стабилизированным бензином. Стабилизированный бензин при необходимости, улучшается путем дальнейшего увеличения октанового числа за счет последующей изомеризации, например, гидроизомеризации (ГДИ). Соответственно, перед этапом ГДИ стабилизированный бензин направляют в ректификационную колонну

для отделения легкого бензина в качестве головного потока, мазута в качестве кубового потока и промежуточного потока в качестве потока стабилизированного бензина для этапа ГДИ.

Материал, каталитически активный при ГДИ, обычно включает активный металл (либо элементарные благородные металлы, такие как платина и/или палладий, либо сульфидированные неблагородные металлы, такие как никель, кобальт, вольфрам и/или молибден), кислотный носитель (обычно молекулярное сито, демонстрирующее высокую селективность формы и наличие топологии, такой как MFI, MEL, MOR, FER, MRE, MWW, AEL, TON и MTT) и огнеупорного носителя (такого как оксид алюминия, диоксид кремния или диоксид титана или их комбинации). Условия для ГДИ предусматривают температуру в интервале 250 - 400°C, давление в интервале 20 - 150 бар и часовую объёмную скорость жидкости (LHSV) в интервале 0,5 - 8.

В одном варианте осуществления поток неочищенного бензина включает соединения C<sub>2</sub>, такие как метан, этан, этен, и способ дополнительно включает: перед этапом ii) – направление потока неочищенного бензина в деэтанализатор для получения потока топливного газа, содержащего соединения C<sub>2</sub> и, при необходимости, соединения серы, такие как H<sub>2</sub>S. В случаях, когда в топливном газе присутствует соединение серы, такое как H<sub>2</sub>S, его целесообразно переводить на этап ГДИ. Соответственно, в конкретном варианте осуществления поток бензинового продукта, содержащий углеводороды C<sub>5</sub>+, т.е. с этапа ii), направляют на этап гидроизомеризации (ГДИ), при необходимости, после перехода на этап фракционирования, например, в ректификационной колонне; поток топливного газа, содержащий соединения C<sub>2</sub>, содержит соединения серы, такие как H<sub>2</sub>S; и поток топливного газа добавляют на этапе ГДИ, предпочтительно путем смешивания с потоком бензинового продукта перед переходом на этап ГДИ. Содержание соединений C<sub>2</sub> в потоке неочищенного бензина составляет, например, 10 мас.% или менее.

Посредством направления потока топливного газа, содержащего соединения серы, из деэтанализатора на этап ГДИ, т.е. в реактор ГДИ, катализатор в нем сульфидируется без необходимости во внешних источниках серы. Таким образом обеспечивается дальнейшее включение в способ и установку. Соединения C<sub>2</sub> в потоке топливного газа соответствующим образом удаляются после этапа ГДИ,

например, путем простой установки сепаратора продуктов далее по ходу процесса после реактора ГДИ.

В одном из вариантов осуществления поток с высоким содержанием толуола и при необходимости, ксилола (поток с высоким содержанием Т/К), а также поток с высоким содержанием парафинов, изопарафинов и олефинов (поток с высоким содержанием П/И/О), при необходимости, также содержащий непрореагировавшие низшие углеводороды СНГ, а также углеводороды C5+ отделяют от ароматического потока, содержащего БТК, и:

- по меньшей мере, один поток с высоким содержанием Т/К или его часть и поток с высоким содержанием П/И/О или его часть, добавляют к потоку неочищенного бензина, соответственно, перед подачей потока неочищенного бензина в дезтанизатор; и/или

- поток с высоким содержанием П/И/О или его часть добавляют в реактор MTG.

Чем больше ароматических соединений смешивают с кислородсодержащим сырьем, например, при одновременной подаче в реактор MTG, тем больше ароматических соединений присутствует в отходящем потоке реактора MTG и, соответственно, в потоке неочищенного бензина. Следовательно, даже если индекс метилирования не вырастет, это приведет к повышению уровня ароматических соединений и более высокому уровню дуrolа в сыром бензине. Перенаправление потока с высоким содержанием Т/К в поток неочищенного бензина, позволяет значительно снизить содержание в нем дуrolа. Поток с высоким содержанием Т/К соответствующим образом добавляют вместе с потоком с высоким содержанием П/И/О, при этом содержащиеся компоненты C5+ дополнительно снижают концентрацию дуrolа в бензиновом продукте. Соответственно, также добавляют одно или более соединений серы, такое как H<sub>2</sub>S.

Поток с высоким содержанием П/И/О или его часть некоторых случаях могут возвращаться в реактор MTG, в котором, по меньшей мере, содержащиеся в нем олефиновые соединения будут частично преобразованы в неочищенный бензин. Фракция П/И будет в основном выполнять функцию теплоотвода из-за своей относительно высокой теплоемкости, тем самым уменьшая количество рециркуляционного потока, используемого в качестве разбавителя, а также уменьшая энергию рециркуляционного сжатия. Соответственно, олефины

целенаправленно используются для получения еще большего количества углеводородов C<sub>5</sub>+, при этом одновременно задействуется довольно высокая теплоемкость соединений C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> во фракции П/И потока с высоким содержанием П/И/О. Поток с высоким содержанием П/И/О соответствующим образом подают в реактор MTG, например, объединяя его с потоком кислородсодержащего сырья перед смешиванием с рециркулирующим потоком. Поток с высоким содержанием П/И/О также может объединяться с потоком кислородсодержащего сырья после смешивания с рециркулирующим потоком, например, непосредственно перед реактором MTG, т.е. на входе в реактор MTG.

Под потоком с высоким содержанием Т/К подразумевают 50 мас.% или более Т/К, например, 60, 80, 90, 95 мас.% или более Т/К.

Под потоком с высоким содержанием П/И/О подразумевают 50 или более мас.% П/И/О, например, 60, 80, 90, 95 мас.% или более П/И/О.

В одном из вариантов осуществления катализатор в реакторе повышения качества, т.е. на этапе iii), представляет собой цеолитный катализатор структурного типа MFI, содержащий 0,1 - 10 мас.% соединения цинка. В конкретном варианте осуществления цеолитный катализатор представляет собой ZSM-5, соединение цинка представляет собой металлический и/или оксидный цинк, и, при необходимости, цеолитный катализатор дополнительно содержит 1 - 5 мас.% фосфорного соединения, например, 1 - 5 мас.% P.

В другом конкретном варианте осуществления цеолитный катализатор представляет собой H-ZSM.5 с соотношением диоксида кремния к оксиду алюминия 30 - 100, например, около 40, и содержит 3 - 7 мас.% Zn, например, около 5 мас.% Zn.

В реакторе повышения качества C<sub>2</sub>,...,4,5,... парафины преобразуются в смесь преимущественно БТК/олефинов и легких парафинов.

В одном варианте осуществления температура в реакторе повышения качества составляет 500 - 650°C, а давление находится в диапазоне 3 - 25 бар абс.; предпочтительно, когда температура составляет 500 - 550°C, например, около 525°C, и давление 15 - 25 бар абс., например, около 20 бар абс.

Соответственно, объемная скорость на единицу массы (WHSV) составляет 3 - 6, например, 3.

Соответственно также, реактор повышения качества эксплуатируют в адиабатическом режиме.

Конверсия парафинов в реакторе повышения качества носит эндотермический характер. Поэтому, как указано выше, для активации парафинов необходимы высокие температуры: первым этапом является дегидрирование с получением олефинов, которые впоследствии реагируют с образованием ароматических соединений/олефинов/парафинов.

Посредством добавления серы нивелируются жесткие условия, созданные в реакторе повышения качества в т.ч. высокие температуры, сухие условия, т.е. отсутствие подачи или образования пара, а также олефины в качестве промежуточных соединений/продукта, даже присутствующие в сырье: сера обеспечивает защитные свойства в части коррозии (подбор материалов), а ее свойства, регулирующие селективность, снижают образование метана и тяжелой нефти, как указано выше.

При эксплуатации в более низком температурном диапазоне, например, при 525°C, и в более высоком диапазоне давлений, например, при 15 бар абс., содержание бензола в смеси БТК смещается в сторону смеси БТК с меньшим содержанием бензола. Кроме того, при этих повышенном давлении селективность по отношению к БТК увеличивается, образуя по сути БТХ + парафины, в то же время как содержание олефинов снижается, т.е. селективность по олефинам падает. Полученные олефины являются низкими олефинами: от C<sub>2</sub>= до C<sub>5</sub>= (образуется лишь небольшое количество C<sub>6</sub>=+). Таким образом, указанные олефины могут, например, быть возвращены в секцию перегонки, причем C<sub>3</sub>=/C<sub>4</sub>=, в конечном итоге, возвращаются в реактор повышения качества через разделитель СНГ. Таким образом, во фракции БТК по сути не будет олефинов, соответственно, отсутствует одновременная подача олефинов в реактор MTG. Соответственно, повышенное давление способствует увеличению выхода БТК и снижению скорости коксования в реакторе повышения качества. Олефины также могут быть возвращены в реактор MTG, как указано выше.

Например, распределение смеси БТК смещается с Б:Т:К 32:55:13 мас.% при эксплуатации при низком давлении (3 бар абс.) и 550°C на Б:Т:К 17:50:33 мас.% при эксплуатации при более высоком давлении (15 бар абс.) и 525°C. Соответственно, происходит значительное снижение содержания бензола. Это

важно, поскольку бензол, в частности, является фактором, ограничивающим то, сколько БТК можно добавлять в неочищенный бензин и, следовательно, его содержание в бензиновом продукте.

Кроме того, при эксплуатации реактора повышения качества при более высоком давлении, например, примерно 20 бар абс., становится возможной и целесообразной простая интеграция с реактором MTG, поскольку реактор MTG обычно работает при одном и том же давлении, т.е. приблизительно 20 бар абс.

В одном из вариантов осуществления реактор повышения качества, т.е. на этапе iii, представляет собой реактор с электрическим подогревом (электрический реактор); при необходимости, эксплуатируемый в адиабатическом режиме и, при необходимости, также эксплуатируемый в прямоточном режиме.

В электрический реакторе электрическое сопротивление используют для выработки тепла, необходимого для конверсии парафинов в реакторе повышения качества. В частности, при использовании электрический реактора можно использовать электроэнергию из «зеленых» (возобновляемых) источников, например, электроэнергию объектов ветровой, гидро и солнечной энергетики, тем самым дополнительно минимизируя углеродный след. Следовательно, согласно настоящему изобретению не только метанол, используемый в качестве кислородсодержащего соединения в потоке подачи кислородсодержащих соединений в реактор MTG, может быть получен из возобновляемых источников в виде e-метанола, при этом возобновляемые источники также используются для работы реактора повышения качества. Конфигурация электронного реактора описана в заявке WO 2019/228797 A1 заявителя.

В конкретном варианте осуществления электрический реактор работает в адиабатическом режиме и, при необходимости, также эксплуатируемый в прямоточном режиме. Ввиду эндотермического характера преобразования в зоне электрический реактора, содержащего катализатор, происходит снижение температуры примерно на 100°C или менее, например, 75°C. Например, от 600°C до 525°C и/или от 525°C до 450°C. Работа в прямоточном режиме обеспечивает высокие выходы при преобразовании, например, 50 - 60%, и в то же время позволяет избежать необходимости повторного использования реагента, то есть парафинов C3-C4.

В одном варианте осуществления способ дополнительно предусматривает, перед этапом iv), т.е. перед объединением всего ароматического потока, содержащего БТК или его часть, с потоком кислородсодержащего сырья в реактор MTG, подачу ароматического потока, содержащего бензол, толуол и ксилол (БТК) в буферный резервуар, т.е. буферный резервуар БТК. Катализатор в реакторе повышения качества может предусматривать необходимость частой регенерации. Тем не менее, за счет адаптации буферного резервуара БТК колебания выравниваются, тем самым обеспечивается резерв ароматических веществ для постоянного поддержания уровня ароматических веществ, в том числе бензол на уровне, близком к пределу, предусмотренному техническими требованиями, например, до около 35 об.% в бензиновом продукте. Таким образом, в любой момент гарантируется, что «запас» ароматических веществ в части увеличения выхода и октана будет использован максимально. Обнаружено, что, за исключением первых нескольких циклов, ароматические соединения находятся в дефиците относительно максимального содержания в соответствии с характеристиками бензина (до указанного предела). Учитывая тот факт, что увеличение октанового числа бензинового продукта в основном является результатом содержания в нем ароматических соединений, буферный резервуар позволяет обеспечивать содержание ароматических веществ в соответствии с вышеуказанными техническими требованиями и, соответственно, также постоянно поддерживать на высоком уровне октановое число.

Во втором аспекте осуществления изобретение также включает установку, т.е. технологическую установку, для осуществления способа согласно любому из вышеописанных вариантов осуществления.

Соответственно, также предусмотрена установка для производства бензинового продукта из потока кислородсодержащего сырья, содержащая секцию преобразования метанола в бензин (MTG) и секцию последующей перегонки;

причем указанная секция MTG (I) включает реактор MTG, включающий неподвижный слой катализатора, сепаратор продуктов и рециркуляционный компрессор, что позволяет преобразовывать поток кислородсодержащего сырья в поток неочищенного бензина, содержащий парафины C3-C4 и углеводороды C5+;

отличающаяся тем, что указанная секция перегонки (II) включает дезтанализатор и разделитель СНГ, что позволяет преобразовывать поток

неочищенного бензина в указанный бензиновый продукт и поток, содержащий парафины С3-С4;

и причем указанная установка дополнительно содержит:

- реактор повышения качества, включающий катализатор, как, например, катализатор с неподвижным слоем, который позволяет преобразовывать весь поток, содержащий парафины С3-С4, или его часть, в ароматический поток, содержащий любой из бензола, толуола или ксилола (БТК) или их комбинации, как, например, ароматический поток, содержащий бензол, толуол и ксилол; при этом в указанном реакторе повышения качества отсутствует, т.е. нет входа для совместной подачи потока кислородсодержащих веществ, как, например, линии подачи потока, содержащего метанол и/или диметиловый эфир (ДМЭ);

- линию подачи всего ароматического потока или его части в указанный поток кислородсодержащего сырья.

Более конкретно, предложена установка получения бензинового продукта из потока кислородсодержащего сырья, содержащая секцию преобразования метанола в бензин (MTG) и расположенную далее по ходу процесса секцию перегонки;

причем указанная секция MTG (I) включает:

- реактор MTG, включающий неподвижный слой активного катализатора для преобразования кислородсодержащих веществ в потоке кислородсодержащего сырья в поток неочищенного бензина, содержащий парафины С3-С4 и углеводороды С5+, при этом указанный реактор MTG содержит вход для приема указанного потока кислородсодержащего сырья и выход для отвода указанного потока неочищенного бензина;

сепаратор продукции, включающий вход для приема указанного потока неочищенного бензина, выход для отвода рециркуляционного потока головного погона, выход для отвода потока кубовой воды и выход для отвода потока неочищенного бензина, содержащего парафины С3-С4 и углеводороды С5+;

рециркуляционный компрессор, включающий сторону всасывания, предназначенную для приема указанного рециркуляционного потока головного погона, и сторону нагнетания, предназначенную для направления сжатого рециркуляционного потока головного погона в точку смешивания, где его

объединяют с исходным потоком кислородсодержащего сырья, а затем направляют в реактор MTG;

причем указанная секция перегонки (II) включает:

- деэтанализатор, предпочтительно фракционирующую колонну, включающую вход для приема указанного потока неочищенного бензина из сепаратора продукции, выход для отвода потока головного погона топливного газа, содержащего соединения C<sub>2</sub>, и выход для отвода кубового потока, содержащего парафины C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> и углеводороды C<sub>5</sub>+

- разделитель СНГ, предпочтительно ректификационную колонну, включающую вход для приема указанного кубового потока из разделителя СНГ, выход для отвода головного потока, содержащего парафины C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>, и выход для отвода кубового потока в виде бензинового продукта;

и причем указанная установка дополнительно содержит:

- реактор повышения качества, в состав которого входит катализатор, как, например, активный катализатор с неподвижным слоем для преобразования парафинов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> в ароматический поток, содержащий любой из бензола, толуола и ксилола (БТК) или их комбинации, как, например, ароматический поток, содержащий бензол, толуол и ксилол, вход для приема всего или части указанного головного потока из разделителя СНГ и выход для отвода указанного ароматического потока; при этом в указанном реакторе повышения качества отсутствует, т.е. нет впускного отверстия для совместной подачи потока кислородсодержащего сырья, как, например, линия подачи потока, содержащего метанол и/или диметиловый эфир (ДМЭ); а также

- линию подачи всего ароматического потока или его части в указанный поток кислородсодержащего сырья, предпочтительно в точку смешивания, которая находится перед указанной точкой смешивания, где головной рециркуляционный поток секции MTG объединяют с потоком кислородсодержащего сырья.

Предпочтительно далее по ходу процесса после реактора повышения качества предусматривают один или более сепараторов, например, колонну(-ы) фракционирования, для отделения потока с высоким содержанием бензола (Б), в частности, из самого нижнего сепаратора, в качестве указанной части ароматического потока.

Соответственно, поток с высоким содержанием толуола и, при необходимости, ксилола (поток с высоким содержанием Т/К), отводят из одного или более сепараторов, в частности, из самого нижнего сепаратора, а также предусмотрена линия для объединения потока с высоким содержанием Т/К, при этом поток неочищенного бензина отводят из сепаратора продукта секции МТГ.

Соответственно, поток с высоким содержанием парафинов, изопарафинов и олефинов, то есть поток с высоким содержанием парафинов П/И/О, отводят из одного или более сепараторов, в частности из сепаратора, расположенного непосредственно после реактора повышения качества, а также предусмотрена линия для объединения потока с высоким содержанием П/И/О, с потоком неочищенного бензина, отводимого из сепаратора продуктов секции МТГ.

Соответственно, также как и в случае с первым аспектом изобретения, реактор повышения качества представляет собой реактор с электрическим подогревом (электрический реактор); при необходимости, эксплуатируемый в адиабатическом режиме, и, при необходимости, также эксплуатируемый в прямоточном режиме. Более подробная информация приведена в приведенных выше разделах Описания в соответствии с первым аспектом изобретения.

Также необходимо понимать, что любой из вариантов осуществления первого аспекта (способа) изобретения и связанные с ним преимущества могут быть использованы в связи со вторым аспектом изобретения (установкой) или наоборот.

На единственной приведенной фигуре показана схема способа и/или установки, включая секцию МТГ и расположенную далее по ходу процесса секцию перегонки, при этом последняя содержит реактор повышения качества в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения.

На фигуре представлен способ/установка 10, содержащая секцию I МТГ (контур МТГ) и секцию II перегонки в соответствии с разделением, отмеченным пунктирной линией на фигуре. Поток кислородсодержащего сырья, например, поток 1 е-метанола предварительно нагревают в теплообменнике 30 потока подачи-отвода и объединяют с предварительно нагретым головным рециркуляционным потоком 3", образуя 5 поток кислородсодержащего сырья. Поток 1 кислородсодержащего сырья перед смешиванием с рециркулирующим

потоком, более конкретно предварительно нагретый рециркуляционный поток 3" в контуре MTG, объединяют, например, в способе совместной подачи, с потоком 7 с высоким содержанием бензола (поток с высоким содержанием Б), полученным из сепаратора 80 далее по ходу процесса. В реакторе 35 MTG находится неподвижный слой 35" активного катализатора для преобразования кислородсодержащих веществ в потоке кислородсодержащего сырья в поток неочищенного бензина, содержащий парафины C3-C4 и углеводороды C5+. Выходящий поток 9 из реактора 35 MTG, следовательно, содержит парафины C3-C4 и углеводороды C5+ и охлаждают за счет подачи тепла в теплообменнике 30 потока подачи-отвода. Охлажденный поток 9' отвода дополнительно охлаждают в секции 40 охлаждения, например, за счет подачи тепла в дополнительный теплообменник (не указан), используемый для предварительного нагрева головного рециркуляционного потока 3' от рециркуляционного компрессора 45, а также за счет прохождения через дополнительный воздушный охладитель (не указан) и теплообменник с использованием в качестве теплообменной среды охлаждающей воды (не указана). Охлажденный таким образом поток 9" отвода направляют в сепаратор 50 продукции, например, сепаратор высокого давления, в результате чего образуется поток 11 воды, поток 13 неочищенного бензина, а также головной рециркуляционный поток 3, из которого может быть получен поток 3''' топливного газа.

Поток 13 неочищенного бензина из контура I MTG поступает в секцию II перегонки путем объединения его с потоком с высоким содержанием толуола и, при необходимости, ксилола (поток 17 с высоким содержанием Т/К), а также потоком с высоким содержанием парафинов, изопарафинов и олефинов (поток 19 с высоким содержанием П/И/О), которые отделяют от потока ароматических соединений, содержащего бензол, толуол и ксилол (БТК) в расположенном далее по ходу процесса реакторе 70 повышения качества, как поясняется ниже.

Поток 13' неочищенного бензина, теперь смешанный с потоком 17 с высоким содержанием Т/К, и потоком 19 с высоким содержанием П/И/О, поступает в деэтанализатор 55, предпочтительно в виде колонны фракционирования, тем самым отделяя поток 21 топливного газа, содержащий соединения C2 и, при необходимости, также соединение серы, например, H<sub>2</sub>S. Кубовый поток 23 деэтанализатора 55, теперь содержащий главным образом парафины C3-C4,

например, СНГ и углеводороды C5+ направляют в разделитель 60 СНГ, соответственно, в виде колонны фракционирования, для окончательного отделения от потока 13 неочищенного бензина кубового потока 25 в качестве потока бензинового продукта, содержащего углеводороды C5+, и головного потока 27, содержащего C3-C4 парафины, например, СНГ. Поток 25 бензинового продукта может быть, при необходимости, дополнительно очищен путем подачи его в колонну разделения бензина и установку ГДИ (не указана), что позволяет дополнительно увеличить октановое число бензинового продукта, что приводит к получению бензинового продукта более высокого качества.

Головной поток 27 содержит парафины C3-C4, например, СНГ подают в реактор 70 повышения качества в присутствии активного катализатора 70" для преобразования парафинов C3-C4 в ароматический поток 29, содержащий бензол, толуол и ксилол (БТК). Соответственно, для предварительного нагрева потока 27 также предусмотрен теплообменник подачи-отвода (не указан). Реактор повышения качества представляет собой реактор 70" с электрическим нагревом (электрический реактор), использующий электроэнергию из возобновляемого источника, как, например, энергия ветра или солнца. Соединение серы, такое как H<sub>2</sub>S соответственно добавляют в виде потока 15 в реактор 70 повышения качества. Необходимость в совместной подаче потока кислородсодержащих веществ в реактор 70 повышения качества отсутствует.

Поток 29 ароматических соединений, содержащий БТК, подают в сепаратор 75, расположенный далее по ходу процесса, предпочтительно представленный в виде колонны фракционирования, позволяя, таким образом, получить поток 19 с высоким содержанием П/И/О, который отводят и объединяют с неочищенным бензиновым продуктом 13 из контура MTG. Поток 31, состоящий в основном из БТК, также отводят и подают во второй сепаратор 80, предпочтительно в виде колонны фракционирования, для получения, соответственно, потока 17 с высоким содержанием Т/К, который отводят и объединяют с неочищенным бензином 13, а также потока 7 с высоким содержанием Б, который объединяют с потоком 1 кислородсодержащего сырья в реакторе 35 MTG.

**ПРИМЕР**

Эксплуатация технологической установки в соответствии с прилагаемой фигурой (изобретением) - где реактор повышения качества производит 7800 кг/ч БТК, но при этом происходит прямое добавление потока с высоким содержанием БТК в реактор MTG (т.е. без отделения бензола) – сравнивается с эксплуатацией, которая отличается тем, что для нее характерно отсутствие реактора повышения качества, а также не происходит добавление потока с высоким содержанием БТК в реактор MTG. Первый вариант обозначается как «вариант осуществления изобретения», а второй – как «вариант осуществления по предшествующему уровню техники». Результаты представлены в таблице ниже:

ТАБЛИЦА

	Вариант осуществления по предшествующему уровню техники	Вариант осуществления согласно изобретению
Выход C5+ (кг/ч)	77453	85253
Увеличение выхода (%)	-	10,1
Ароматические соединения в C5+ (мас.%)	35,0	40,9
Бензол в C5+ (мас.%)	0,85	0,97
Увеличение RON	-	> 1

## Формула изобретения

1. Способ производства бензинового продукта из потока кислородсодержащего сырья, включающий следующие этапы:

i) направление потока кислородсодержащего сырья в реактор преобразования кислородсодержащих веществ в бензин, предпочтительно реактор преобразования метанола в бензин (MTG), в присутствии неподвижного слоя катализатора, активного для преобразования кислородсодержащих веществ в потоке кислородсодержащего сырья в поток неочищенного бензина, содержащий парафины C3-C4 и углеводороды C5+;

ii) отделение от потока неочищенного бензина потока бензинового продукта, содержащего углеводороды C5+, и потока, содержащего парафины C3-C4;

iii) направление всего потока, содержащего парафины C3-C4, или его части, в реактор повышения качества в присутствии катализатора, активного для преобразования парафинов C3-C4 в ароматический поток, который содержит любой из бензола, толуола, ксилола или их комбинации, такой как ароматический поток, содержащий бензол, толуол и ксилол (БТК);

iv) объединение всего потока ароматических соединений или его части с потоком кислородсодержащего сырья, т.е. с потоком кислородсодержащего сырья с этапа i);

и причем этап iii) не включает совместное направление потока кислородсодержащих веществ в реактор повышения качества.

2. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что на этапе iv) часть ароматического потока представляет собой поток с высоким содержанием бензола (поток с высоким содержанием Б), который отделяют от потока ароматических соединений, содержащего БТК.

3. Способ по любому из пп. 1 - 2, **отличающийся тем**, что катализатор в реакторе MTG представляет собой цеолитный катализатор структурного типа MFI, такой как ZSM-5, например, ZSM-5 в водородной форме (HZSM-5) или Zn-модифицированный ZSM-5, при необходимости, дополнительно содержащий 1 - 5

мас.% фосфорного соединения, например, 3 мас.% P; и при этом температура в реакторе MTG составляет 280 - 400°C, давление находится в диапазоне 15 - 25 бар абс.; и, при необходимости, WHSV (объемная скорость на единицу массы) составляет 1 - 6, например, 1 - 2, например, 1,5 или 1,6.

4. Способ по любому из пп. 1 - 3, **отличающийся тем**, что поток кислородсодержащего сырья представляет собой метанол и/или диметиловый эфир (ДМЭ).

5. Способ по любому из пунктов 1 - 4, **отличающийся тем**, что на этапе iii) способ дополнительно включает добавление одного или более соединений серы к потоку, содержащему парафины C3-C4, и причем содержание одного или более соединений серы, таких как H<sub>2</sub>S, составляет 10 - 1000 об.ч./млн., например, 10 - 100 об.ч./млн.

6. Способ по любому из пп. 1 - 5, **отличающийся тем**, что поток неочищенного бензина содержит соединения C2, и способ дополнительно включает: перед этапом ii) направление потока неочищенного бензина в деэтанализатор для получения потока топливного газа, содержащего соединения C2, и, при необходимости, соединение серы, такое как H<sub>2</sub>S.

7. Способ по п. 6, **отличающийся тем**, что поток бензинового продукта, содержащий углеводороды C5+, направляют на этап гидроизомеризации (ГДИ), при необходимости, после направления на этап фракционирования, например, в колонне фракционирования; поток топливного газа, содержащий соединения C2, содержит соединение серы, такое как H<sub>2</sub>S; и поток топливного газа добавляют на этапе ГДИ, предпочтительно путем смешивания с потоком бензинового продукта перед подачей на этап ГДИ.

8. Способ по любому из пп. 1 - 7, **отличающийся тем**, что поток с высоким содержанием толуола и, при необходимости, ксилола (поток с высоким содержанием Т/К), а также поток с высоким содержанием парафинов, изопарафинов и олефинов (поток с высоким содержанием П/И/О), при необходимости, дополнительно содержащий непрореагировавшие низшие углеводороды СНГ и углеводороды C5+ отделяют от ароматического потока, содержащего БТК, и:

- по меньшей мере, один поток с высоким содержанием Т/К или его часть и поток с высоким содержанием П/И/О или его часть добавляют к потоку неочищенного бензина, соответственно, перед направлением потока неочищенного бензина в деэтанализатор; и/или

- поток с высоким содержанием П/И/О или его часть добавляют в реактор MTG.

9. Способ по любому из пп. 1 - 8, **отличающийся тем**, что катализатор в реакторе повышения качества представляет собой цеолитный катализатор структурного типа MFI, содержащий 0,1 - 10 мас.% соединения цинка.

10. Способ по п. 9, **отличающийся тем**, что цеолитный катализатор представляет собой ZSM-5, соединение цинка представляет собой металлический и/или оксидный цинк, и, при необходимости, цеолитный катализатор дополнительно содержит 1 - 5 мас.% фосфорного соединения.

11. Способ по любому из пп. 1 - 10, **отличающийся тем**, что температура в реакторе повышения качества составляет 500 - 650°C, а давление находится в диапазоне 3 - 25 бар абс.; соответственно причем температура составляет 500 - 550°C, например, около 525°C, и давление 15 - 25 бар абс., например, около 20 бар абс.

12. Способ по любому из пп. 1 - 11, **отличающийся тем**, что реактор повышения качества представляет собой реактор с электрическим подогревом (электрический реактор); при необходимости, эксплуатируемый в адиабатическом режиме, и, при необходимости, также эксплуатируемый в прямоточном режиме.

13. Способ по любому из пп. 1 - 12, дополнительно включающий перед этапом iv) направление ароматического потока, содержащего бензол, толуол и ксилол (БТК), в буферный резервуар.

14. Установка получения бензинового продукта из потока кислородсодержащего сырья, содержащая секцию преобразования метанола в бензин (MTG) и расположенную далее по ходу процесса секцию дистилляции;

причем указанная секция (I) MTG содержит: реактор MTG, содержащий неподвижный слой катализатора, сепаратор продуктов и рециркуляционный

компрессор, что позволяет преобразовывать поток кислородсодержащего сырья в поток неочищенного бензина, содержащий парафины C3-C4 и углеводороды C5+;

причем указанная секция (II) дистилляции содержит деэтанализатор и разделитель СНГ, что позволяет преобразовывать поток неочищенного бензина в указанный бензиновый продукт и поток, содержащий парафины C3-C4;

и причем указанная установка дополнительно содержит:

- реактор повышения качества, включающий катализатор, который позволяет преобразовывать весь поток, содержащий парафины C3-C4, или его часть, в ароматический поток, содержащий любой из бензола, толуола или ксилола (БТК), или их комбинации, как, например, ароматический поток, содержащий бензол, толуол и ксилол; при этом в указанном реакторе повышения качества отсутствует вход для совместной подачи потока кислородсодержащих веществ;

- линию подачи всего ароматического потока или его части в указанный поток кислородсодержащего сырья.

